



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①② Patentschrift
①⑩ DE 43 05 154 C 1

⑤① Int. Cl. 5:
F 02 K 9/52

②① Aktenzeichen: P 43 05 154.5-13
②② Anmeldetag: 19. 2. 93
④③ Offenlegungstag: —
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 26. 5. 94

DE 43 05 154 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:

Deutsche Aerospace AG, 85521 Ottobrunn, DE

⑦② Erfinder:

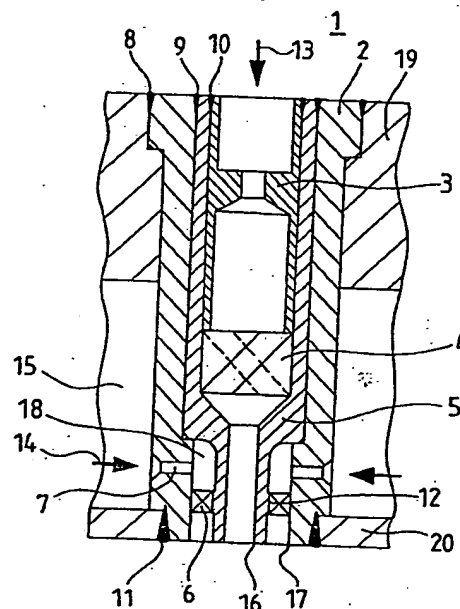
Dargies, Eckhard, Dipl.-Ing., 7108 Möckmühl, DE

⑤⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 38 18 623 C1
DE 34 24 225 C2
US 28 74 539

⑤④ Einspritzelement in Koaxialbauweise für Raketenbrennkammern

⑤⑦ Einspritzelement in Koaxialbauweise für Raketenbrennkammern mit einem Brennkammerdruck von 3 bis 30 bar und für Betrieb mit zwei hypergol reagierenden Treibstoffen, mit einem Zentralkörper für den Oxidator, dessen Strömungskanal einen Dralleinsatz, eine Querschnittsverengung und eine scharfe Mündungskante aufweist, und mit einer den Zentralkörper unter Begrenzung eines ringförmigen Strömungskanals für den Brennstoff konzentrisch umgebenden Hülse, wobei der Strömungskanal einen kreiszylindrischen Austritt mit scharfer Mündungskante aufweist. Der Strömungskanal des Zentralkörpers weist einen kreiszylindrischen Austritt auf, die Mündungskanten des Zentralkörpers und der Hülse liegen etwa in der Ebene der Brennkammerstirnfläche, im Strömungskanal für den Brennstoff ist ein dessen Strom in fünf bis zwanzig gleiche Einzelströme aufspaltender Strömungsteiler angeordnet, die Strömungsgeschwindigkeiten des Oxidators und des Brennstoffes betragen beim Eintritt in die Brennkammer zwischen 5 m/s und 20 m/s.



DE 43 05 154 C 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Einspritzelement in Koaxialbauweise für Raketenbrennkammern mit einem Brennkammerdruck von 3 bis 30 bar und für Betrieb mit zwei hypergol reagierenden Treibstoffen, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Aus der US-PS 2 874 539 ist die Anwendung des Prinzips der koaxialen Einspritzung zweier flüssiger Treibstoffkomponenten für hypergole und nicht-hypergole Treibstoffe bekannt. Die einfache, mehr schematische Darstellung ist jedoch nicht geeignet, dem Fachmann konkrete Hinweise für die konstruktive Ausbildung des Einspritzkopfes bzw. der Einspritzelemente zu geben. Speziell hypergole Treibstoffe müssen vor Eintritt in die vorgesehene Reaktionszone absolut voneinander getrennt werden, um ungewollte Reaktionen mit ggf. katastrophalen Folgen zu vermeiden. Auch solche Sicherheitsaspekte sind bei der Ausführung nach der benannten US-PS nicht berücksichtigt.

In der DE-PS 34 24 225 sind Einspritzelemente für nicht-hypergole Treibstoffe (z. B. H_2O_2 , CH_4/O_2) gezeigt, welche sich insbesondere in der Ausführung nach Fig. 1 und 2 sehr gut bewährt haben. Gemäß dem Koaxialprinzip besteht jedes Einspritzelement aus einem Zentralkörper für den Oxidator und einer zu diesem konzentrischen, zweiteiligen, verschraubten Hülse für den Brennstoff, welche axial über den Austritt des Zentralkörpers vorsteht. Der Austritt des Zentralkörpers ist konisch erweitert, besitzt eine scharfe Mündungskante und Drallflächen im Konusbereich. Die Hülse besitzt radiale Eintrittsbohrungen und einen im wesentlichen zylindrischen, zentralen Kanal, welcher den Austritt des Zentralkörpers ringförmig umgibt. Die bekannten Vorteile dieser Koaxialanordnung sind:

- Fertigung von Triebwerken unterschiedlicher Schubklasse mit einem Standard-Einspritzelement durch Veränderung der Elementzahl.
- Eine geringe Wärmebelastung der Einspritzkopf-Frontplatte, somit eine lange Standzeit.
- Ein niedriger Einspritz-Druckabfall, dadurch ein geringer Tank- bzw. Förderdruck (Gasdruck oder Pumpendruck).

Beim nicht-hypergolen Betrieb laufen Gemischbildung und Verbrennung im wesentlichen nacheinander ab. Das Mischen des in der Regel gasförmigen Brennstoffes mit dem flüssigen Oxidator wird durch eine wesentlich größere Einstromgeschwindigkeit des Brennstoffes (Geschwindigkeitsverhältnis z. B. 15 : 1) begünstigt.

Bei hypergolen Treibstoffen treffen beide Komponenten nach der Einspritzung in flüssiger Form aufeinander und reagieren beim Kontakt spontan miteinander. Deshalb ist es wichtig, möglichst große miteinander reagierende Oberflächen zu schaffen, d. h. beide Komponenten getrennt voneinander gut aufzubereiten und sie dann ohne große Geschwindigkeitsunterschiede zusammenzuführen.

Aus der DE-PS 38 18 623 ist ein Einspritzelement in Koaxialbauweise für Raketenbrennkammern mit einem Brennkammerdruck von 5 bis 25 bar und für Betrieb mit zwei hypergol reagierenden Treibstoffen bekannt, dessen Zentralkörper für den Oxidator einen Drallkörper sowie einen sich konisch erweiternden Austritt mit scharfer Mündungskante aufweist. Der Zentralkörper ist im Austrittsbereich von einer konzentrischen Hülse

für die Zumischung des Brennstoffes umgeben, welche gegenüber ersterem unter Bildung eines Vorreaktionsraumes zur Brennkammer hin axial vorsteht. Für die Geometrie des Vorreaktionsraumes sowie für die Geschwindigkeitsverhältnisse in dessen Bereich werden bestimmte Grenzwerte genannt. In praktischen Versuchen hat sich leider gezeigt, daß diese Bauart dazu neigt, Brennkammerschwingungen zu erzeugen. Man erklärt sich dies mit periodischen Mikroexplosionen im Bereich des Vorreaktionsraumes, welche den Treibstofffluß kurzzeitig unterbrechen. Abgesehen von dadurch hervorgerufenen Leistungsverlusten können die so erzeugten Druckschwankungen im schlimmsten Fall die Triebwerksstruktur zerstören.

Die Aufgabe der Erfindung besteht somit darin, ein Einspritzelement in Koaxialbauweise für Betrieb mit zwei hypergol reagierenden Treibstoffen zu schaffen, welches eine stabile Verbrennung ohne relevante Druckschwankungen ermöglicht.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 genannten Merkmale gelöst. Zentralkörper und Hülse münden etwa in der Ebene der Brennkammerstirnfläche, so daß kein Vorreaktionsraum mehr vorhanden ist. Der Brennstoffstrom wird mittels eines Strömungsteilers in fünf bis zwanzig gleiche Einzelströme aufgespalten. Die Geometrie des Oxidator-Strömungskanales (Dralleinsatz etc.) bewirkt eine kegelige Aufweitung des Oxidatorstromes im Mündungsbereich, wodurch eine schnelle, zuverlässige Durchmischung mit den Brennstoffströmen erreicht wird. Daraus ergibt sich eine sehr stabile, vollständige Verbrennung, was die erfolgreiche Anwendung des Koaxialprinzips für hypergole Treibstoffkomponenten letztlich erst möglich macht.

Voraussetzung ist ein Brennkammerdruck von 3 bis 30 bar. Bevorzugte Brennstoffe sind Hydrazin (N_2H_4) und dessen Derivate (z. B. Monomethyl-Hydrazin "MMH" und unsymmetrische Dimethylhydrazin), bevorzugte Oxidatoren sind Stickstofftetroxid (N_2O_4), "MON" (Mixed Oxygen-Nitride, $N_2O_4 + NO$) oder Salpetersäure (HNO_3).

Die Unteransprüche 2 bis 5 enthalten bevorzugte Ausführungen des Einspritzelementes nach Anspruch 1. Die Erfindung wird anschließend anhand der Zeichnungen noch näher erläutert. Dabei zeigen in vereinfachter, nicht maßstäblicher Darstellung:

Fig. 1 einen Teillängsschnitt durch einen Einspritzkopf einer Raketenbrennkammer im Bereich eines Einspritzelementes,

Fig. 2 einen Querschnitt durch das Einspritzelement im Bereich des Strömungsteilers.

Das Einspritzelement 1 ist Bestandteil des Einspritzkopfes eines Raketentriebwerkes, wobei je nach Größe des Triebwerkes mehrere hundert dieser Einspritzelemente 1 im Kopf angeordnet sein können. Jedes einzelne Element besteht aus zwei Hauptteilen, dem Zentralkörper 5 und der Hülse 2.

Der Zentralkörper 5 enthält im Innern den Oxidator-Strömungskanal, der in mehrere Abschnitte unterschiedlicher Funktion gegliedert ist. Er trägt auf seiner Außenseite die den Strömungsquerschnitt des Brennstoffes begrenzende Geometrie. Der Oxidator 13 strömt aus einem oberhalb der Elemente angeordneten Verteilerraum über die Drossel 3 in den Oxidator-Strömungskanal. Die Drossel dient zur Einstellung des gewünschten Einspritzdruckverlustes, welcher zur schwingungsmäßigen Entkopplung zwischen Brennkammer und Fördersystem benötigt wird. Die Drossel 3 dient gleichzeitig zur Fixierung des stromab von ihr angeordneten

Dralleinsatzes 4. Über die Schweißnaht 10 ist die Drossel 3 mit dem Zentralkörper 5 verbunden. Durch den unterhalb der Drossel 3 angeordneten Dralleinsatz 4 wird der axialen Strömungsbewegung des flüssigen Oxidators eine Drehbewegung überlagert, welche zur Aufbereitung des Oxidators notwendig ist. Über die stromab des Dralleinsatzes liegende Querschnittsverengung gelangt der Oxidator in den zylindrischen Austritt, wobei dessen scharfkantige Mündung 16 den Eintritt in die Brennkammer bildet. Aufgrund des In der Mündung 16 noch vorhandenen Dralles weitet sich der flüssige Oxidatorstrahl unmittelbar nach dem Eintritt in die Brennkammer auf und zerfällt in einzelne Tropfen. Der Winkel des entstehenden Oxidatorspritzkegels und die hohlkegelförmige bzw. vollkegelförmige Verteilung des Oxidators über den Kegelquerschnitt hängen von der Form des Dralleinsatzes 4 und der Geometrie des Oxidator-Strömungskanals ab.

Der Brennstoff-Strömungskanal wird von der den Zentralkörper 5 konzentrisch umgebenden Hülse 2 in Verbindung mit den am Umfang des Zentralkörpers 5 angebrachten Schlitzen 6 gebildet. Der Brennstoff 14 strömt aus dem Verteillerraum 15 über die radialen Drosselbohrungen 7 in den Ringspalt 18. Danach durchströmt der Brennstoff die axial angeordneten Schlitze 6 des an den Zentralkörper 5 angeformten Strömungsteilers 12, wodurch er in mehrere Einzelstrahlen mit rechteckigem Querschnitt aufgeteilt wird.

Stromab der Rechteschlitze durchströmen die Brennstoffstrahlen entweder nochmals einen Ringspalt, oder treten direkt über die scharfkantige Mündung 17 der Hülse 2 in die Brennkammer ein.

Die einzelnen Brennstoffstrahlen treffen in der Brennkammer auf den Oxidatorspritzkegel und durchdringen diesen teilweise. Versuchsreihen, die zunächst mit einzelnen Elementen und dann mit Multielementeinspritzköpfen durchgeführt wurden, haben gezeigt, daß diese Art der Aufbereitung und Durchmischung für die im Patentanspruch angegebenen hypergolen Treibstoffe zu einer sehr stabilen Verbrennung mit hohem Wirkungsgrad führt.

Hypergole Treibstoffe müssen aus Sicherheitsgründen vor Erreichen der vorgegebenen Reaktionszone hermetisch voneinander getrennt werden. Der Zentralkörper 5 und die Hülse 2 sind deshalb flüssigkeits- und gasdicht über die Schweißnaht 9 miteinander verbunden. Die Hülse 2 ist sowohl mit der den Oxidator und den Brennstoff trennenden Grundplatte 19 über die Schweißnaht 8, als auch mit der brennkammerseitigen Frontplatte 20 über die Schweißnaht 11 flüssigkeits- und gasdicht verbunden. Die Schweißnaht 10 verbindet die Drossel 3 mit dem Zentralkörper 5.

Patentansprüche

1. Einspritzelement in Koaxialbauweise für Raketenbrennkammern mit einem Brennkammerdruck von 3 bis 30 bar und für Betrieb mit zwei hypergol reagierenden Treibstoffen, wobei als Oxidator vorzugsweise Stickstofftetroxid, Mischungen aus Stickstofftetroxid und Distickstofftetroxid (MON, Mixed Oxygen Nitride) oder Salpetersäure, als Brennstoff vorzugsweise Hydrazin und/oder dessen Derivate verwendet werden, mit einem zumindest weitgehend rotationssymmetrischen Zentralkörper für den Oxidator, dessen Strömungskanal einen Dralleinsatz, eine Querschnittsverengung und einen Austritt mit scharfer Mündungskante

aufweist, und mit einer den Zentralkörper unter Begrenzung eines ringförmigen Strömungskanals für den Brennstoff konzentrisch umgebenden Hülse, wobei der Strömungskanal seitliche Zuströmöffnungen und einen Austritt mit kreiszylindrischer Innenkontur sowie mit scharfer Mündungskante aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß der Strömungskanal des Zentralkörpers (5) zumindest im Austrittsbereich (Mündung 16) eine kreiszylindrische Innenkontur aufweist, daß die Mündungskanten (16, 17) des Zentralkörpers (5) und der Hülse (2) in der Ebene der Brennkammerstirnfläche (20) liegen, daß in dem Strömungskanal zwischen Hülse (2) und Zentralkörper (5) ein den Brennstoffstrom (14) in fünf bis zwanzig gleichmäßig beabstandete, mengen- und querschnittsgleiche Einzelströme (6) aufspaltender Strömungsteiler (12) angeordnet ist, und daß die Strömungsquerschnitte so bemessen sind, daß die Strömungsgeschwindigkeiten des Oxidators (13) und des Brennstoffes (14) beim Eintritt in die Brennkammer zwischen 5 m/s und 20 m/s betragen.

2. Einspritzelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich der Strömungsteiler (12) radial vom Zentralkörper (5) bis an oder nahe an die Innenkontur der Hülse (2) erstreckt und fünf bis zwanzig radial und axial ausgerichtete, zur Hülse (2) hin offene Schlitze (6) mit über ihre radiale Tiefe und ihre axiale Länge konstanter Breite aufweist, wobei das Verhältnis von radialer Tiefe zu Breite minimal 1 und maximal 5 beträgt.

3. Einspritzelement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Innenkontur der Hülse (2) und dem Außenumfang des Strömungsteilers (12) ein über den Umfang sowie über die axiale Länge des Strömungsteilers (12) gleichbleibender Radialspalt von maximal 100 µm vorhanden ist.

4. Einspritzelement nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das stromabwärtige Ende des Strömungsteilers (12) einen axialen Abstand zur Mündungskante (17) der Hülse (2) aufweist.

5. Einspritzelement nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Strömungskanal im Zentralkörper (5) vom Dralleinsatz (4) bis zur Mündungskante (16) so gestaltet ist, daß der Oxidator (13) in Form einer Vielzahl einzelner Tropfen mit einer Voll- oder Hohlkegelverteilung aus dem Zentralkörper (5) austritt, wobei der Öffnungswinkel minimal 20° und maximal 90° beträgt.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

